

METHOD AND DEVICE FOR CONVERTING MULTIPLE RESOLUTION

Publication number: JP9153132**Publication date:** 1997-06-10**Inventor:** ITO WATARU**Applicant:** FUJI PHOTO FILM CO LTD**Classification:**

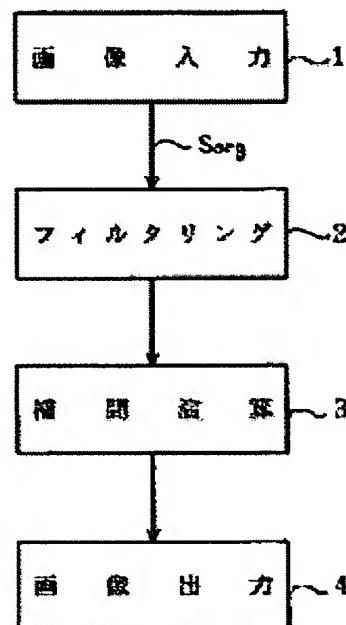
- **international:** **H04N1/409; G06T3/40; G06T5/20; H04N1/409;**
G06T3/40; G06T5/20; (IPC1-7): G06T3/40; G06T5/20;
 H04N1/409

- **European:** G06T3/40B

Application number: JP19960172498 19960702**Priority number(s):** JP19960172498 19960702; JP19950252090 19950929**Report a data error here****Abstract of JP9153132**

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce operation volume at the time of obtaining a blurred picture with multiple resolution and to prevent a device from being expanded.

SOLUTION: A filtering means 2 applies filtering processing to an original picture signal Sorg inputted from a picture input means 1 every other picture element by the use of a filter with prescribed size and then filters the filtered picture signal by the same filter. Plural filtered pictures are obtained by repeating the filtering processing. Then an interpolating operation means 3 applies interpolating operation processing to plural filtered pictures by a Gaussian function or a B spline interpolating operation to obtain a multiple resolution blurred picture having the same size as the original picture. The blurred picture is inputted to a picture output means 4 and supplied to prescribed picture processing.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-153132

(43)公開日 平成9年(1997)6月10日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T	3/40		G 0 6 F	3 5 5 C
	5/20		15/68	4 0 0 A
H 0 4 N	1/409		H 0 4 N	1 0 1 D

審査請求 未請求 請求項の数2 O.L (全10頁)

(21)出願番号 特願平8-172498
(22)出願日 平成8年(1996)7月2日
(31)優先権主張番号 特願平7-252090
(32)優先日 平7(1995)9月29日
(33)優先権主張国 日本 (JP)

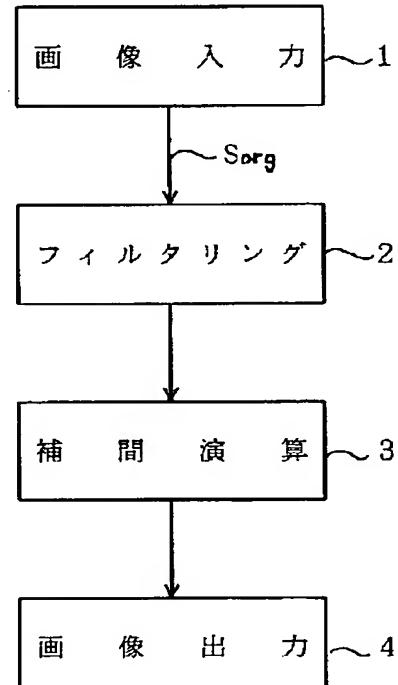
(71)出願人 000005201
富士写真フィルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地
(72)発明者 伊藤 渡
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54)【発明の名称】 多重解像度変換方法および装置

(57)【要約】

【課題】 多重解像度変換方法および装置において、多重解像度のボケ画像を得る際の演算量を低減し、また装置の大型化を防止する。

【解決手段】 画像入力手段1から入力された原画像信号S_{org}に対して、フィルタリング手段2において、所定サイズのフィルタにより1画素おきにフィルタリング処理を施し、さらにフィルタリング処理が施された画像信号に対してこのフィルタによりフィルタリング処理を施す。この処理を繰り返して、複数のフィルタリング処理画像を得る。次いで、補間演算手段3において、この複数のフィルタリング処理画像に対して、ガウス関数あるいはBスpline補間演算により、補間演算処理を施し、原画像と同一サイズの多重解像度のボケ画像を得る。この多重解像度のボケ画像は、画像出力手段4に入力され、所定の画像処理に供される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の間隔で縦横方向に格子状に配された画素からなる原画像を多重解像度空間に変換する多重解像度変換方法において、

前記原画像に対して所定間隔の画素ごとに所定サイズのフィルタによりフィルタリング処理を施し、

該フィルタリング処理が施された画像に対してさらに前記フィルタリング処理を施し、

該フィルタリング処理をフィルタリング処理が施された画像に対して繰り返し行うことにより、前記原画像を解像度が異なる複数の画像に変換し、

該各画像に対して補間演算処理を施すことにより、前記原画像と同一画素数の多重解像度変換画像を得ることを特徴とする多重解像度変換方法。

【請求項2】 所定の間隔で縦横方向に格子状に配された画素からなる原画像を多重解像度空間に変換する多重解像度変換装置において、

前記原画像に対して所定間隔の画素ごとに所定サイズのフィルタによりフィルタリング処理を施し、該フィルタリング処理が施された画像に対してさらに前記フィルタリング処理を繰り返し行うことにより、前記原画像を解像度が異なる複数の画像に変換するフィルタリング手段と、

該各画像に対して補間演算処理を施すことにより、前記*

$$S_{proc} = S_{org} + \beta \times (S_{org} - S_{us}) \quad \dots (1)$$

(S_{proc} : 周波数処理された信号、 S_{org} : 原画像信号、 S_{us} : ボケ画像信号、 β : 強調度)

ここで、ボケ画像信号 S_{us} は、画像を構成する画素おき※

$$S_{us} = \sum S_{org} / (M \times N) \quad \dots (2)$$

なる演算を行うことにより求められる。

【0004】また、所定サイズのボケマスクフィルタを用いて、このフィルタ内の画素値の平均値や、荷重平均値を求めるこことにより、原画像よりも解像度の低いボケマスク処理が施されたボケ画像を表すボケ画像信号 S_{us} を得ることができる。

【0005】また、画像信号に対して周波数処理を施す別の方法として、フーリエ変換、ウェーブレット変換、サブバンド変換等により画像を多重解像度画像に変換することにより画像を表す画像信号を複数の周波数帯域の信号に分解し、この分解された信号のうち、所望とする周波数帯域の信号に対して強調等の所定の画像処理を施す方法が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】一方、ボケマスクフィルタを用いて、上述したウェーブレット変換などのように原画像を多重解像度画像に変換して、各ボケ画像信号により表される各解像度のボケ画像に対して画像処理を施すことが提案されている。このようにボケマスクフィルタにより原画像を多重解像度画像に変換するために、複数サイズのフィルタが必要になり、とくに低解像

* 原画像と同一画素数の多重解像度変換画像を得る補間演算手段とからなることを特徴とする多重解像度変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、原画像を互いに解像度が異なる多重解像度空間の画像に変換する多重解像度変換方法および装置に関するものである。

【0002】

10 【従来の技術】画像を表す画像信号を得、この画像信号に適切な画像処理を施した後、画像を再生表示することが種々の分野で行われている。例えば、放射線画像の診断性能を向上させるために、画像信号に対して非鮮鋭マスク処理（以下ボケマスク処理とする）等の周波数強調処理を施す方法が本出願人により提案されている（特開昭55-163472号公報、特開昭55-87953号公報等）。この周波数処理は、読み取った原画像信号 S_{org} に、この原画像信号 S_{org} から非鮮鋭マスク画像信号（以下ボケ画像信号とする） S_{us} を引いたものに強調度 β を乗じたものを加える処理を施すもので、これにより、画像において所定の空間周波数成分を強調するようにしたものである。これを式で表すと下記の式（1）のようになる。

【0003】

※に、各画素の周囲の $M \times N$ の範囲内の原画像信号 S_{org} について、

30 度のボケ画像を得るためににはサイズの大きいフィルタが必要となる。しかしながら、フィルタのサイズが大きくなると、フィルタリング処理を行うための演算量が膨大なものとなり、ボケマスク処理を行うための演算に長時間を要することとなる。さらに、これらの複数の解像度のボケ画像を得るために複数のフィルタを記憶しておくための大容量の記憶手段が必要となり、これにより装置が大型化し、また装置のコストも上昇する。

【0007】本発明は上記事情に鑑み、多重解像度のボケ画像を得る際の演算量を低減し、また装置の大型化を40 防止することができる多重解像度変換方法および装置を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による多重解像度変換方法および装置は、所定の間隔で縦横方向に格子状に配された画素からなる原画像を多重解像度空間に変換する多重解像度変換方法において、前記原画像に対して所定間隔の画素ごとに所定サイズのフィルタによりフィルタリング処理を施し、該フィルタリング処理が施された画像に対してさらに前記フィルタリング処理を施し、50 該フィルタリング処理をフィルタリング処理が施された

画像に対して繰り返し行うことにより、前記原画像を解像度が異なる複数の画像に変換し、該各画像に対して補間演算処理を施すことにより、前記原画像と同一画素数の多重解像度変換画像を得ることを特徴とするものである。

【0009】

【発明の効果】本発明による多重解像度変換方法および装置は、所定サイズのフィルタを用いて、原画像に対して所定間隔の画素ごとに施すフィルタリング処理を、フィルタリング処理が施された画像に対して繰り返し施すようにしたため、このフィルタリング処理により得られる複数の画像は、原画像から段階的に高周波成分が除去された画像となる。また、これらのフィルタリング処理は所定間隔の画素ごとに行われているため、フィルタリングが施された各画像のサイズは、原画像から段階的に小さくなっている。そしてこのフィルタリング処理が施された画像に対して、補間演算処理を施すことにより、各画像を拡大して各画像を原画像と同一の画素数、すなわち、原画像と同一サイズの多重解像度画像を得る。

【0010】このように本発明による多重解像度変換方法および装置は、所定サイズのフィルタにより繰り返しフィルタリング処理を施すことにより、多重解像度の画像を得るようにしたため、複数のフィルタを設ける必要が無くなり、このため、複数のフィルタを記憶するためのメモリが不要となり、装置の大型化を防止することができる。

【0011】また、フィルタのサイズを大きくしなくとも、低解像度の画像を段階的に得ることができるため、フィルタのサイズが大きくなることによる演算量の増大を防止し、より高速に多重解像度のボケ画像を得ることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0013】図1は本発明による多重解像度変換装置の概略を表す図である。図1に示すように本発明による多重解像度変換装置は、画像入力手段1から入力された画像信号Sに対して所定サイズのフィルタにより所定間隔の画素ごとにフィルタリング処理を施し、かつフィルタリング処理が施された画像に対してこの所定サイズのフィルタによるフィルタリング処理を繰り返し施すことにより複数のフィルタリング処理画像を得るフィルタリング手段2と、フィルタリング処理が施された複数の画像に対して補間演算処理を施すことにより、原画像と同一画素数、すなわち原画像と同一のサイズの多重解像度画像を得る補間演算手段3と、この多重解像度画像をCRTなどの再生手段に出力する画像出力手段4とからなる。

【0014】図2は図1におけるフィルタリング手段2および補間演算手段3において行われる処理を説明する

ためのブロック図である。図2に示すように原画像を表すデジタルの原画像信号S_{org}がフィルタリング手段2に入力されると、フィルタリング処理手段10においてローパスフィルタによりフィルタリングされる。このローパスフィルタとしては例えば図3に示すような5×1のグリッド上の一次元ガウス分布に略対応したフィルタFが用いられる。このフィルタFは下記の式(3)

【0015】

【数1】

$$f(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots (3)$$

【0016】において、 $\sigma = 1$ としたものである。ここで、フィルタFとしてガウス信号を用いるのは、ガウス信号は周波数空間および実空間の双方において、局在性がよいためである。

【0017】そしてこのフィルタFにより原画像の画素のx方向およびy方向に対してフィルタリング処理を施すことにより、原画像信号S_{org}全体に対してフィルタリング処理が施される。

【0018】フィルタリング処理手段10においては、このようなフィルタFにより以下のようにしてフィルタリング処理が施される。図4はフィルタリング処理の詳細を表す図である。図4に示すように、図3に示すフィルタFにより原画像信号S_{org}の一画素おきにフィルタリング処理が施される。そしてこのフィルタリング処理により、フィルタリング処理画像信号B₁が得られる。このフィルタリング処理画像信号B₁は、原画像に対するサイズが1/4となっている。次いで、再度フィルタFによりフィルタリング処理画像信号B₁に対して一画素おきにフィルタリング処理が施される。そしてこのようなフィルタFによるフィルタリング処理を、フィルタリング処理が施されたフィルタリング処理画像に対して繰り返し施すことにより、n個のフィルタリング処理画像信号B_k (k = 1 ~ n)が得られる。このフィルタリング処理画像信号B_kは、原画像に対してサイズが1/2^kとなっている。ここで、フィルタリング処理画像信号B_kの周波数レスポンスを図5に示す。図5に示すようにフィルタリング処理画像信号B_kのレスポンスはkが大きいほど高周波成分が除去されたものとなっている(なお、図5においてはk = 1 ~ 3としている)。

【0019】なお、上記実施の形態においては、図3に示す一次元フィルタFにより、原画像のx方向およびy方向に対してフィルタリング処理を施すようにしているが、図6に示すような5×5の2次元にフィルタにより原画像信号S_{org}およびフィルタリング処理画像信号に對して一度にフィルタリング処理を施すようにしてよいものである。

【0020】次いで、このようにして得られたフィルタリング処理画像信号B_kに対して補間演算処理手段11に

において補間演算処理が施され、これにより原画像と同一の大きさの多重解像度画像が得られる。以下この補間演算処理について説明する。

【0021】補間演算の方法としては、Bスプラインによる方法など種々の方法が挙げられるが、本発明による実施の形態においては、ローパスフィルタとしてガウス信号に基づくフィルタFを用いているため、補間演算を行うための補間係数としてもガウス信号を用いるものとする。ここで、ガウス信号を用いた補間関数とは、下記の式(4)

【0022】

【数2】

$$I(t) = 2 \cdot \sigma \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad \dots(4)$$

【0023】において、 $\sigma = 2^{k-1}$ と近似したものを用いる。

【0024】フィルタリング処理画像信号B₁を補間する際には、 $k = 1$ であるため $\sigma = 1$ となる。上記式(4)において、 $\sigma = 1$ としたときの補間を行うためのフィルタは、図7に示すように 5×1 の一次元フィルタとなる。まずフィルタリング処理画像信号B₁に対して1画素おきに値が0の画素を一つずつ補間することによりフィルタリング処理画像信号B₁を原画像と同一のサイズに拡大する。このように値が0の画素が補間されたフィルタリング処理画像信号B₁を一次元的に図8に示す。そして、この補間されたフィルタリング処理画像信号B₁に対して上述した図7に示すフィルタF₁によりフィルタリング処理を行う。

【0025】ここで、図7に示すフィルタF₁は 5×1 のフィルタであるが、図8に示すようにフィルタリング処理画像信号B₁は1画素おきに値が0の画素が補間されている。したがって、フィルタF₁によりフィルタリング処理を施すことは、実質的には 2×1 のフィルタ(0.5, 0.5) および 3×1 のフィルタ(0.1, 0.8, 0.1) の2種類のフィルタにより、フィルタリング処理画像信号B₁にフィルタリング処理を施すことと等価なものとなる。そしてこのフィルタリング処理により、原画像信号S_{org}と同一データ数のボケ画像信号S_{us1}が得られる。

【0026】次いで、フィルタリング処理画像信号B₂に対してフィルタリング処理が施される。フィルタリング処理画像信号B₂を補間する際には、 $k = 2$ であるため、 $\sigma = 2$ となる。上記式(4)において、 $\sigma = 2$ としたときの補間を行うためのフィルタは、図9に示すように 11×1 の一次元フィルタとなる。そして、まずフィルタリング処理画像信号B₂に対して1画素おきに値が0の画素を3つずつ補間することによりフィルタリング処理画像信号B₂を原画像と同一のサイズに拡大する。この値が0の画素が補間されたフィルタリング処理画像

信号B₂を一次元的に図10に示す。そして、この補間されたフィルタリング処理画像信号B₂に対して上述した図9に示すフィルタF₂によりフィルタリング処理を行う。

【0027】ここで、図9に示すフィルタF₂は 11×1 のフィルタであるが、図10に示すようにフィルタリング処理画像信号B₂は1画素おきに値が0の画素が補間されている。したがって、フィルタF₂によりフィルタリング処理を施すことは、実質的には 2×1 のフィルタ(0.5, 0.5) および 3×1 のフィルタ(0.3, 0.65, 0.05)、(0.13, 0.74, 0.13) および(0.05, 0.65, 0.3) の4種類のフィルタにより、フィルタリング処理画像信号B₂にフィルタリング処理を施すことと等価なものとなる。そしてこのフィルタリング処理により、原画像信号S_{org}と同一データ数のボケ画像信号S_{us2}が得られる。

【0028】そしてこのフィルタリング処理を全てのフィルタリング処理画像信号B_kに対して行う。フィルタリング処理画像信号B_kを補間する際には、上記式(4)に基づいて、 $3 \times 2^k - 1$ の長さのフィルタを作成し、フィルタリング処理画像信号B_kの各画素の間に値が0の画素を $2^k - 1$ 個ずつ補間することにより、原画像と同一サイズに拡大する。この値が0の画素が補間されたフィルタリング処理画像信号B_kに対して $3 \times 2^k - 1$ の長さのフィルタにより、フィルタリング処理を行う。

【0029】ここで、この $3 \times 2^k - 1$ の長さのフィルタによるフィルタリング処理を施すことは、 2^k 周期で長さが2または3のフィルタによりフィルタリング処理を施すことと等価なものとなる。そしてこのフィルタリング処理により、n個のボケ画像信号S_{usk}が得られる。このボケ画像信号S_{usk}を可視像として表すと、結果としてそれぞれ解像度が異なる、すなわち周波数応答特性が異なる多重解像度のボケ画像となる。このように、フィルタは長くなるものの、実質的には長さが2または3のフィルタによりフィルタリング処理を施していることと同様であるため、演算量は、フィルタが長くなるともそれほど多くはならないものである。このため、演算量を減らして、多重解像度のボケ画像信号S_{usk}を高速に作成することができる

【0030】なお、本発明による実施の形態においては、長さが $3 \times 2^k - 1$ の1次元のフィルタにより画像のx方向およびy方向にフィルタリング処理を施すようしているが、予め2次元状のフィルタを作成しておき、このフィルタによりフィルタリング処理画像に対してフィルタリング処理を施すことにより、ボケ画像信号S_{usk}を得るようとしてもよい。この場合、フィルタリング処理画像に対して、補間演算を行うためのフィルタリング処理を施すためのフィルタは、 $(3 \times 2^k - 1)$

$\times (3 \times 2^k - 1)$ のフィルタとなるが、上述した1次元のフィルタを用いる場合と同様に、2nd周期で 2×2 または 3×3 のフィルタによりフィルタリング処理を施すことと等価なものとなり、上述した1次元のフィルタを用いる場合と同様に、フィルタのサイズが大きくなつても、フィルタリング処理を行うための演算量は実質的にそれほど大きくならないものである。

【0031】このようにして得られたボケ画像信号 S_{usk} の周波数特性を図11に示す。図11に示すように、ボケ画像信号 S_{usk} の k の値が大きくなるほど、原画像信号 S_{org} の高周波成分が除去された信号となる。

【0032】このようにして得られたボケ画像信号 S_{usk} は、原画像の複数の周波数帯域を表す多重解像度のボケ画像を表すものとなる。そしてこのように、所定サイズのフィルタにより繰り返しフィルタリング処理を施すことにより、多重解像度のボケ画像を得るようにして、複数のフィルタを設ける必要が無くなり、このため、複数のフィルタを記憶するためのメモリが不要となり、装置の大型化を防止することができる。

【0033】また、フィルタのサイズを大きくしなくとも、低解像度の画像を段階的に得ることができるため、フィルタのサイズが大きくなることによる演算量の増大を防止し、より高速に多重解像度のボケ画像を得ることができる。

【0034】このようにして得られた多重解像度のボケ画像すなわちボケ画像信号 S_{usk} は以下のようなボケマスク処理に用いられる。

【0035】図12は本発明による多重解像度変換方法および装置により得られたボケ画像信号 S_{usk} を用いたボケマスク処理を説明するための図である。このボケマスク処理は、本発明による多重解像度変換方法および装置により作成された複数のボケ画像信号 S_{usk} に基づいて複数の帯域制限画像信号を作成し、作成された複数の帯域制限画像信号のうち所定の閾値よりも信号値の絶対値が大きい帯域制限画像信号に対して後述するように絶対値を小さくする変換処理を施し、変換された帯域制限画像信号の絶対値を加算して加算信号を作成し、加算信号*

$$\begin{aligned} S_{proc} &= S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\ F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) &= \{ f_{u1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{u2} (S_{us1} - S_{us2}) + \dots + f_{uN} (S_{usN-1} - S_{usN}) \} \end{aligned} \quad \dots (5)$$

但し、 S_{proc} : 处理済画像信号

S_{org} : 原画像信号

S_{usk} ($k=1 \sim N$) : ボケ画像信号

f_{uk} ($k=1 \sim N$) : 前記各帯域制限画像信号を変換する関数
このようにして得られた処理済画像信号 S_{proc} は、例えば図15に示すような周波数応答特性を有するものとなる。すなわち、上述した帯域制限画像信号は、原画像の濃度変化が比較的小さいわゆる平坦部においては、各

* に所定の強調係数を乗じて原画像信号 S_{org} と加算することにより、原画像の高周波成分が強調された処理済画像 S_{proc} を得るボケマスク処理を行うものである。

【0036】図12に示すように、上述したように本発明による多重解像度変換方法および装置により作成された複数のボケ画像信号 S_{usk} に基づいて帯域制限画像信号が作成される。この帯域制限画像信号は減算器21により、互いに隣接する周波数帯域同士のボケ画像信号 S_{usk} の減算を行うことにより得られる。すなわち、 $S_{org} - S_{us1}, S_{us1} - S_{us2}, \dots, S_{usN-1} - S_{usN}$ を順次計算することにより、複数の帯域制限画像信号を求める。この帯域制限画像信号の周波数特性を図13に示す。図13に示すように、帯域制限画像信号はボケ画像信号 S_{usk} の k の値が大きくなるほど、原画像信号 S_{org} の低周波数成分の帯域を表す信号となる。

【0037】次いで、変換手段3において、このようにして求められた帯域制限画像信号をこの帯域制限画像信号の信号に応じて変換する。この変換は変換器22において、例えば図14に示すような関数 f_u により行う。この関数 f_u は、帯域制限画像信号の絶対値が閾値 T_{h1} よりも小さい場合は傾きが1であり、閾値 T_{h1} よりも大きい場合は傾きが1よりも小さくなるような関数である。この関数は、各帯域制限画像信号において同一のものであってもよいが、各信号ごとに異なるものであってもよい。

【0038】このような関数 f_u により変換された帯域制限画像信号は、上述した加算およびボケマスク処理を行ったための演算器23に入力される。この演算器23においては下記のような処理が行われる。まず、上述したように関数 f_u により変換された帯域制限画像信号（以下、変換帯域制限画像信号とする。）は加算され、さらに、原画像信号 S_{org} の値に応じた強調度 β が乗じられ、されにこの強調度 β が乗じられた加算値が原画像信号 S_{org} と加算されて処理済画像信号 S_{proc} が得られる。

【0039】以上のボケ画像信号 S_{usk} に施される処理を下記の式(5)に示す。

【0040】

周波数帯域において値は小さくなるものである。これに對して、濃度が急激に変化するエッジ部近傍においては、帯域制限画像信号が比較的低周波数帯域である場合、すなわちボケ画像信号 S_{usk} を得る際のマスクのサイズが比較的大きい場合は、図16に示すように、そのエッジ部近傍の画素についておかれたマスクにエッジ部が含まれてしまうため、帯域制限画像信号がエッジ部の影響を受けて信号値の絶対値が比較的大きなものとなる。

このように、本来エッジ部でない部分がエッジ部の濃度値の影響を受けることにより、画像処理を行うことにより得られた画像のエッジ部にはオーバーシュート、アンダーシュートなどのアーチファクトが発生してしまう。

【0041】そこで、帯域制限画像信号の信号値の絶対値が閾値 T_{h1} よりも大きい場合に、上述した関数 f_u によりこの信号値の絶対値が小さくなるように帯域制限画像信号を変換し、この変換された各帯域制限画像信号を加算し、さらに所定の強調度で強調することにより、原画像信号 S_{org} に加算するための高周波成分に関する信号を得るようにしたものである。

【0042】このため、図15に示すように、エッジ部が存在しない平坦部においては、処理済画像信号 S_{proc} の周波数特性は実線で示すようなものとなるが、エッジ部近傍の領域については、処理済画像信号 S_{proc} は図15の破線に示すように比較的低い周波数帯域のレスポンスが低下されたような特性を有するものとなる。これは、エッジ部近傍の領域においては、上記式(1)におけるボケ画像信号 S_{us} を得る際のマスクが実際のマスクよりも小さくされたことと同一の効果を奏するものである。

【0043】したがって、エッジ部近傍の領域に対応する比較的信号値の絶対値が大きい帯域制限画像信号は、原画像信号に加算するための高周波成分に関する信号に対する影響力が小さくなる。このため、濃度が急激に変化するエッジ部近傍においても、アーチファクトの原因となる信号は影響力が弱められるため、処理を施すことにより得られる画像をアーチファクトのない良好な画像とすることができる。

*

$$\begin{aligned}
 S_{proc} &= S_{org} + \beta (S_{org}) \cdot F_{usm} (S_{org}, S_{us1}, S_{us2}, \dots, S_{usN}) \\
 F_{usm} &= (1/N) \cdot \{ f_{u1} (S_{org} - S_{us1}) + f_{u2} (S_{org} - S_{us2}) + \dots \\
 &\quad \dots + f_{uN} (S_{org} - S_{usN}) \}
 \end{aligned} \quad \dots (6)$$

但し、 S_{proc} : 高周波成分が強調された画像信号

S_{org} : 原画像信号

S_{usK} ($K=1 \sim N$) : ボケ画像信号

f_{uk} ($k=1 \sim N$) : 前記各帯域制限画像信号を変換する関数
なお、上記実施の形態においては、ボケ画像信号 S_{usK} を得るために、ガウス信号のフィルタを用いて、補間演算処理を行うようしているが、Bスプライン補間演算によりフィルタリング処理画像に対して補間演算処理を施すようにしてもよい。以下、このBスプライン補間演算

$$f_k(x) = A_k x^3 + B_k x^2 + C_k x + D_k \quad \dots (7)$$

において(式(7)において B_k は便宜上用いられる係数であり、フィルタリング処理画像とは異なる。)、

$$f_k'(X_k) = f_{k-1}'(X_k) \quad \dots (8)$$

$$f_k'(X_{k+1}) = f_{k+1}'(X_{k+1}) \quad \dots (9)$$

$$f_k''(X_k) = f_{k-1}''(X_k) \quad \dots (10)$$

$$f_k''(X_{k+1}) = f_{k+1}''(X_{k+1}) \quad \dots (11)$$

が条件となる。ただし、画素 X_k における第1階微分係

* 【0044】なお、上記実施の形態においては、上記式(5)により処理済画像信号 S_{proc} を得るようにしているが、下記式(6)により処理済画像信号 S_{proc} を得るようにもよい。式(5)と式(6)とで異なるのは、帯域制限画像信号を得る際に、式(5)においては隣接する周波数帯域同士で減算を行っているが、式(6)においては、全ての周波数帯域のボケ画像信号 S_{usK} と、原画像信号 S_{org} とで減算処理を行っている点が異なるものである。式(6)により得られる処理済画像信号 S_{proc} の周波数特性を図17に示す。図17に示すようにエッジ部が存在しない平坦部においては、処理済画像信号 S_{proc} の周波数特性は実線で示すようなものとなるが、エッジ部近傍の領域においては、処理済画像信号 S_{proc} は、図17の破線に示すように比較的低い周波数帯域のレスポンスが低下されたような特性を有するものとなる。これは、エッジ部近傍の領域においては、上記式(1)におけるボケ画像信号 S_{usK} を得る際のマスクが実際のマスクよりも小さくされたことと同一の効果を奏するものである。なお、図15と比較すると、図17の場合には全周波数帯域に亘ってレスポンスが低下したものとなっている。このため、エッジ部の近傍でない平坦部においてもレスポンスが低下したものとなっている。このため、式(5)にしたがって、処理済画像信号 S_{proc} を求める方が平坦部のレスポンスは低下されることなくエッジ部近傍のみのレスポンスが低下されるため、より好ましいものである。

【0045】

※算処理について説明する。

【0046】Bスプライン補間演算は、比較的鮮鋭度の低い滑らかな2次画像を再生するための補間画像データを得るための補間演算方法である。このBスプライン補間演算は、元のサンプル点(画素)を通ることは必要とされない代わりに、第1階微分係数および第2階微分係数($f''(X)$ で表す)が各区間で連続することが必要とされる。

【0047】すなわち、

数が、その画素 X_k の前後の画素である X_{k-1} と X_{k+1} について、これらの画像信号 Y_{k-1} 、 Y_{k+1} の勾配 $(Y_{k+1} - Y_{k-1}) / (X_{k+1} - X_{k-1})$ に一致するこれが条件であるから、下記式(14)を満たす必要がある。

【0048】

11

$$f_k'(X_k) = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / (X_{k+1} - X_{k-1}) \quad \dots (12)$$

同様に、画素 X_{k+1} における第1階微分係数が、その画素 X_{k+1} の前後の画素である X_k と X_{k+2} について、
これらの画像信号 Y_k 、 Y_{k+2} の勾配 $(Y_{k+2} - Y_k) * [0049]$

$$f_k'(X_{k+1}) = (Y_{k+2} - Y_k) / (X_{k+2} - X_k) \quad \dots (13)$$

また関数 $f(X)$ は一般に下記式 (14) に示すもので近似される。

$$f(X) = f(0) + f'(0)X + \{f''(0)/2\}X^2 \quad \dots (14)$$

ここで、各区間 $X_{k-2} \sim X_{k-1}$ 、 $X_{k-1} \sim X_k$ 、 $X_k \sim X_{k+1}$ 、 $X_{k+1} \sim X_{k+2}$ の間隔 (格子間隔という) を 1 10 よび (14) より、

とし、画素 X_k からの画素 X_{k+1} 方向への補間点 X_{\star} の★

$$f_k'(0) = C_k = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / 2$$

$$f_k'(1) = 3A_k + 2B_k + C_k = (Y_{k+2} - Y_k) / 2$$

$$f_k''(0) = Y_{k+1} - 2Y_k + Y_{k-1} = 2B$$

したがって、

$$A_k = (Y_{k+2} - 3Y_{k+1} + 3Y_k - Y_{k-1}) / 6$$

$$B_k = (Y_{k+1} - 2Y_k + Y_{k-1}) / 2$$

$$C_k = (Y_{k+1} - Y_{k-1}) / 2$$

ここで、 D_k は未知のため、

$$D_k = (D_1 Y_{k+2} + D_2 Y_{k+1} + D_3 Y_k + D_4 Y_{k-1}) / 6$$

とおく。また、スプライン補間関数 $f_k(x)$ は上述の

通り、 $X = t$ なる変数変換をしているため、

$$f_k(x) = f_k(t)$$

★

$$\begin{aligned} f_k(t) &= \{(-t^3 + 3t^2 - 3t + D_4) / 6\} Y_{k-1} \\ &+ \{(3t^3 - 6t^2 + D_3) / 6\} Y_k \\ &+ \{(-3t^3 + 3t^2 + 3t + D_2) / 6\} Y_{k+1} \\ &+ \{(t^3 + D_1) / 6\} Y_{k+2} \quad \dots (15) \end{aligned}$$

$$\{D_1 + 1\} / 6\} Y_{k+2}$$

ここで、 $t = 1$ とおけば、

$$f_k(1) = \{(D_4 - 1) / 6\} Y_{k-1} + \{(D_3 - 3) / 6\} Y_k + \{(D_2 + 3) / 6\} Y_{k+1} + \{(D_1 + 1) / 6\} Y_{k+2}$$

$$\begin{aligned} f_{k+1}(t) &= \{(-t^3 + 3t^2 - 3t + D_4) / 6\} Y_k \\ &+ \{(3t^3 - 6t^2 + D_3) / 6\} Y_{k+1} \\ &+ \{(-3t^3 + 3t^2 + 3t + D_2) / 6\} Y_{k+2} \\ &+ \{(t^3 + D_1) / 6\} Y_{k+3} \quad \dots (16) \end{aligned}$$

ここで、 $t = 0$ とおけば、

$$f_{k+1}(0) = (D_4 / 6) Y_k + (D_3 / 6) Y_{k+1} + (D_2 / 6) Y_{k+2} + (D_1 / 6) Y_{k+3}$$

連続性の条件 ($f_k(1) = f_{k+1}(0)$)、および各

フィルタリング処理画像信号に対応する係数同士が等し

$$\begin{aligned} Y_p &= f_k(t) = \{(-t^3 + 3t^2 - 3t + 1) / 6\} Y_{k-1} \\ &+ \{(3t^3 - 6t^2 + 4) / 6\} Y_k \\ &+ \{(-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1) / 6\} Y_{k+1} \\ &+ \{t^3 / 6\} Y_{k+2} \quad \dots (17) \end{aligned}$$

したがって、フィルタリング処理画像信号 Y_{k-1} 、 Y_k 、 Y_{k+1} 、 Y_{k+2} にそれぞれ対応する補間係数 b_{k-1} 、 b_k 、 b_{k+1} 、 b_{k+2} は、

$$b_{k-1} = (-t^3 + 3t^2 - 3t + 1) / 6$$

$$b_k = (3t^3 - 6t^2 + 4) / 6$$

$$b_{k+1} = (-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1) / 6$$

$$b_{k+2} = t^3 / 6$$

となる。

【0052】以上の演算を各区間 $X_{k-2} \sim X_{k-1}$ 、 $X_{k-1} \sim X_k$ 、 $X_k \sim X_{k+1}$ 、 $X_{k+1} \sim X_{k+2}$ について繰り返すことにより、フィルタリング処理画像信号の全体 50 についてフィルタリング処理画像信号とは間隔の異なる

補間画像信号を求めることができる。

【0053】したがって、このBスプライン補間演算処理を各フィルタリング処理画像信号 B_i に対して施すことにより、各フィルタリング処理画像信号 B_i に対応したボケ画像信号 S_{usK} を得ることができる。

【0054】さらに、上述した実施の形態においては、帯域制限画像信号を変換するための関数を図14に示すように、閾値 T_{h1} よりも信号値の絶対値が大きい場合に、この絶対値を小さくするような関数を用いているが、例えば図18に示すように、帯域制限画像信号の信号値の絶対値が閾値 T_{h1} よりも大きい場合に、この絶対値を小さくするとともに、閾値 T_{h2} よりも小さい場合に、絶対値を小さくするような関数を用いるようにしてもよい。

【0055】このように、帯域制限画像信号の信号値の絶対値が閾値 T_{h1} よりも小さい閾値 T_{h2} よりも小さいほど、この帯域制限画像信号の絶対値を小さくするように補正することにより、画像中においてノイズと見なせるような信号値の絶対値が小さい成分のレスポンスを小さくすることができ、これにより処理済画像のノイズを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による多重解像度変換装置の概念を表す図

【図2】フィルタリング手段および補間演算手段の詳細を表す図

【図3】フィルタリング処理手段において用いられるフィルタ(1次元)を表す図

【図4】フィルタリング処理の詳細を表す図

【図5】フィルタリング処理画像信号の周波数特性を表す図

* 【図6】フィルタリング処理手段において用いられるフィルタ(2次元)を表す図

【図7】フィルタリング処理画像信号 B_1 の補間演算に用いられるフィルタを表す図

【図8】補間演算の詳細を表す図

【図9】フィルタリング処理画像信号 B_2 の補間演算に用いられるフィルタを表す図

【図10】補間演算の詳細を表す図

【図11】ボケ画像信号の周波数特性を表す図

10 【図12】ボケ画像信号 S_{usK} に施されるボケマスク処理を説明するための図

【図13】帯域制限画像信号の周波数特性を表す図

【図14】帯域制限画像信号を変換するための関数を表す図

【図15】処理済画像信号の周波数特性を表す図

【図16】エッジ部近傍のマスク処理を説明するための図

【図17】処理済画像信号の他の周波数特性を表す図

20 【図18】帯域制限画像信号を変換するための他の関数を表す図

【符号の説明】

1 画像入力手段

2 フィルタリング手段

3 補間演算手段

4 画像出力手段

10 フィルタリング処理手段

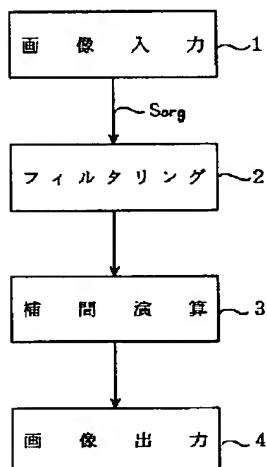
11 補間演算処理手段

21 減算器

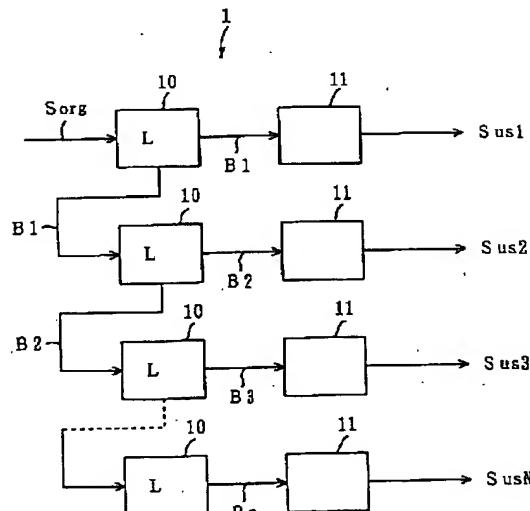
22 変換器

23 演算器

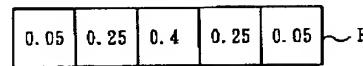
【図1】



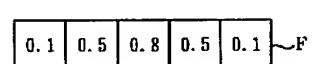
【図2】



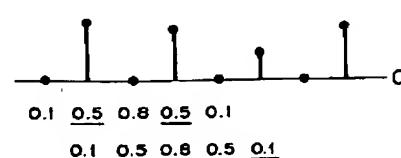
【図3】



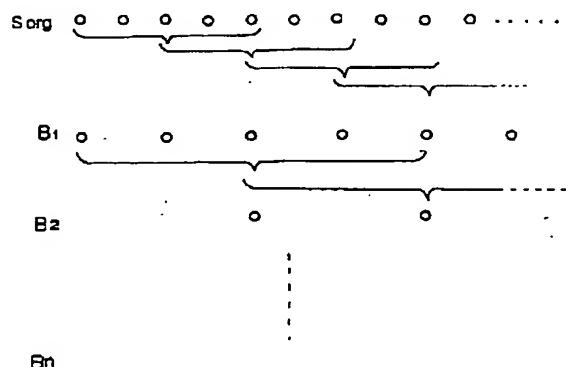
【図7】



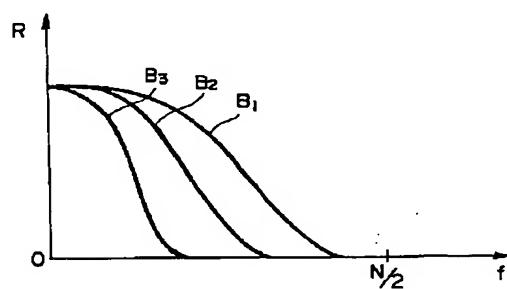
【図8】



【図4】



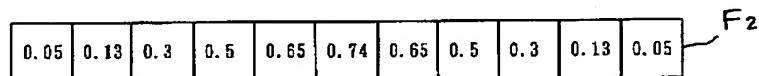
【図5】



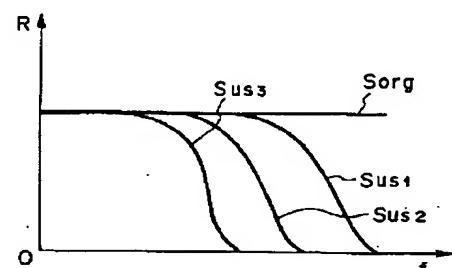
【図6】

0.0025	0.0125	0.02	0.0125	0.0025
0.0125	0.0625	0.1	0.0625	0.0125
0.02	0.1	0.16	0.1	0.02
0.0125	0.0625	0.1	0.0625	0.0125
0.0025	0.0125	0.02	0.0125	0.0025

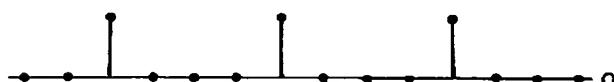
【図9】



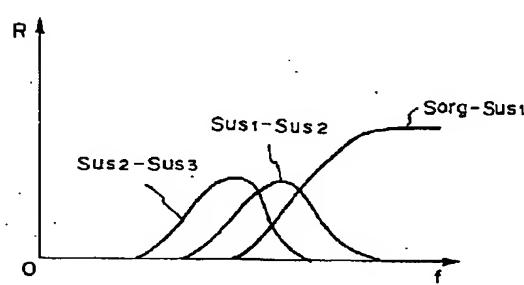
【図11】



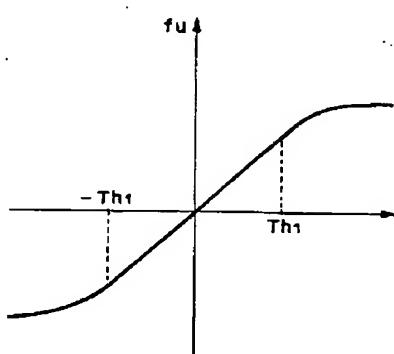
【図10】



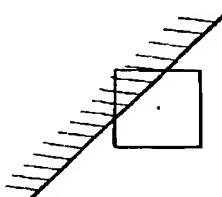
【図13】



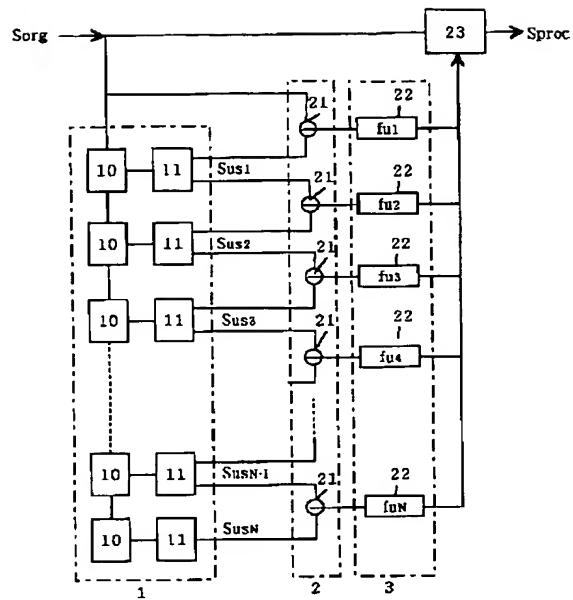
【図14】



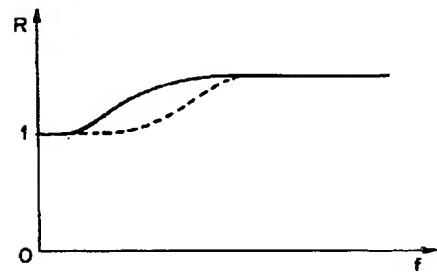
【図16】



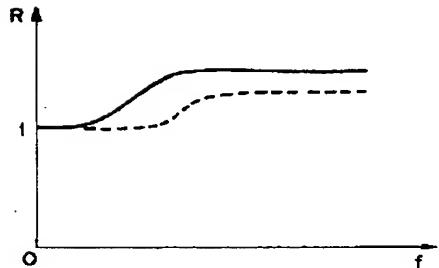
【図12】



【図15】



【図17】



【図18】

